Arnaldoa 26 (1): 433-446, 2019
http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123

ISSN: 1815-8242 (edición impresa)
ISSN: 2413-3299 (edición online)

Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú

Effect of a microbial consortium on the effectiveness of wastewater treatment, Trujillo, Peru

Luis Gabriel Centeno Calderón, Aníbal Quintana Díaz & Fiorella Lisset López Fuentes

Laboratorio de Microbiología Industrial, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Ciudad Universitaria, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo 13007.

lgcc_3004@hotmail.com / aqdperu@yahoo.com / fiorelf139@hotmail.com



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC 4.0: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Recibido: 10-I-2019; aceptado: 20-II-2019; publicado online: 10-IV-2019; publicado impreso: 30-IV-2019

Resumen

La tecnología del producto EM (del inglés *efficient microorganisms*) ha sido reportada como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, ya que incrementa las densidades de microorganismos que pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el mejor tratamiento de un consorcio de microorganismos compuesto por *Lactobacillus* sp., *Schizosaccharomyces pombe* y bacterias rojas no sulfurosas en el tratamiento de aguas residuales. Para ello, se trabajó con tres tratamientos (3×10^8, 9×10^8 y $1,8 \times 10^9$ UFC/ml) y un control sin consorcio; el inóculo se preparó con 5% del consorcio de microorganismos, 5% de melaza y 90% de agua destilada estéril. Para evaluar el mejor tratamiento, se utilizó la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno. En el primer tratamiento se utilizó una concentración de 3×10^8 UFC/ml, disminuyendo a 199,1 mgO_2/L. En el segundo tratamiento se utilizó una concentración de 9×10^8 UFC/ml, disminuyendo a 142,9 mgO_2/L. En el tercer tratamiento se utilizó una concentración de $1,8 \times 10^9$ UFC/ml, siendo el más eficaz de todos, al disminuir 132,1 mgO_2/L en relación al control (247.2 mgO_2/L). Estos resultados presentan una diferencia significativa entre sí, con un valor $p < 0.05$. Por lo tanto, se pudo concluir en esta investigación que el mejor tratamiento para reducir la demanda bioquímica de oxígeno en aguas residuales fue el tratamiento 3 correspondiente a la concentración de $1,8 \times 10^9$ UFC/ml del consorcio activado.

Palabras clave: consorcio de microorganismos, aguas residuales, demanda bioquímica de oxígeno.

Abstract

The technology of the EM product (efficient microorganisms) has been reported as an alternative for the treatment of sewage, since it increases the densities of microorganisms that can use the compounds present in water as a source of carbon and energy for their metabolism and growth. This work was carried out with the objective of evaluating the best treatment of a consortium of microorganisms composed of *Lactobacillus* sp., *Schizosaccharomyces pombe* and non-sulphurous red bacteria in the treatment of wastewater. To do this, we worked with three treatments (3×10^8, 9×10^8 and 1.8×10^9 CFU/ml) and a control without consortium; the inoculum was prepared with 5 % of the consortium of microorganisms, 5 % of molasses and 90 % of sterile distilled water. To evaluate the best treatment, the biochemical oxygen demand test was used. In the first treatment, a concentration of 3×10^8 CFU/ml was used, decreasing to 199.1 mgO_2/L. In the second treatment, a concentration of 9×10^8 CFU/ml was used, decreasing to 142.9 mgO_2/L. In the third treatment, a concentration of 1.8×10^9 CFU/ml was used, being the most effective of all, decreasing to 132.1 mgO_2/L in relation to the control (247.2 mgO_2/L). These results show a significant difference between them, with a value $p < 0.05$. Therefore, it was possible to conclude in this investigation that the best treatment to reduce the biochemical oxygen demand in wastewater was treatment 3 corresponding to the concentration of 1.8×10^9 CFU/ml of the active consortium.

Keywords: consortium of microorganisms, wastewater, biochemical oxygen demand.

Citación: Centeno, L.; A. Quintana & F. López. 2019. Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. Arnaldoa 26 (1): 433 - 446. http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123

Introducción

Desde el momento en que aparecieron las primeras poblaciones estables, la eliminación de los residuos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, ya que surgió la necesidad de deshacerse tanto de las excretas como de los restos de alimentación (Desimoni, 1998). Durante las últimas décadas del anterior siglo, el mundo ha venido observando con inquietud, analizando y tratando de resolver una serie de problemas relacionados con la disposición de los residuos líquidos procedentes del uso doméstico, agrícola e

industrial (Pellizari, 1995).

Las masas receptoras, es decir, ríos y corrientes subterráneas, lagos, estuarios y el mar, en la mayoría de las ocasiones, especialmente en las zonas más densamente pobladas y desarrolladas, han sido incapaces, por sí mismas, para absorber y neutralizar la carga polucional que tales residuos imponen. De esta forma, han venido perdiendo sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responde al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar nuestras masas hídricas (Solís, 1996). Como consecuencia de esto, en numerosas ocasiones pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o aún como fuentes de energía (Schroder, 1999).

Los problemas causados no son sólo de índole física o estética, sino que trascienden al campo de la sanidad, ya que las comunidades humanas necesitan recurrir a diversos recursos de agua superficiales para su abastecimiento de agua de bebida, y si éstos están contaminados con los productos de desecho humanos o industriales, pueden dar lugar a problemas epidemiológicos graves (Velázquez & García, 1999).

El tratamiento de las aguas residuales es una necesidad evidente de la población actual, debido al peligro que estas representan para la salud y el ambiente; Este tratamiento debe consistir en la eliminación de microrganismos patógenos (virus y bacterias), sustancias tóxicas y de retención de sólidos, evitando que lleguen a las corrientes naturales que puedan servir de fuente de abastecimiento a otras comunidades – flora y fauna, mitigando el efecto de tal polución para restablecimiento de la biota (flora y fauna acuática) (Metcalf & Eddy, 1995).

La tecnología del producto EM (del inglés efficient microorganisms), basada en la actividad sinérgica de consorcios de microorganismos eficaces, ha sido reportada como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas, ya que incrementa las densidades de microorganismos que pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, reduciendo sus concentraciones. Además, al emplear una mezcla de varios microorganismos, con características metabólicas diferentes y complementarias entre sí, la cantidad y variedad de los compuestos que pueden ser degradados será mayor y los procesos a su vez, serán más eficaces (Ngurah, 2005).

La base de la tecnología de EM es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos, todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema (Rodríguez, 2009).

La utilización de EM posibilita que el agua servida de viviendas, ciudades y fábricas, entre otras, puedan ser tratadas de una manera que asegure que su retorno al medio ambiente se produzca de forma segura y pueda restaurar el balance ecológico del área (Cardona & García, 2008).

Al aplicar EM a suelos, aguas residuales y desechos orgánicos, la población de microorganismos es modificada hacia una que produce sustancias benéficas para la vida animal y vegetal. EM, es una abreviación de (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros (Romero *et al*., 2016).

Los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo (Peter, 2006). Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos (Castellanos, 2002).

Dentro de este consorcio microbiano están las bacterias rojas no sulfurosas que sintetizan sustancias útiles a partir de materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar como fuente de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares; dentro de este grupo tenemos a *Rhodopseudomonas*, *Rhodospirillum*, *Rhodobacter* como las más importantes. Los metabolitos actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces (Kyum *et al*., 2004).

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso (Early, 1998).

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas (Acara, 2016).

El principio biológico que determina la actuación de este consorcio de bacterias se basa, entre otras propiedades, en su carácter antioxidante. Además, cuando estos microorganismos entran en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales. Así mismo, prosperan por exclusión competitiva, tanto en nichos contaminados como en descomposición, para luego morir cuando las condiciones son limpias, por lo cual no existe riesgo de contaminación secundaria (Cerón, 2005).

Teniendo en cuenta los diversos problemas que se presenta en el tratamiento de aguas residuales, este proyecto tiene como finalidad aislar un consorcio de microorganismos de las muestras de *Brassica oleracea* y de agua de los pantanos de Huanchaco que sean capaces de disminuir la demanda bioquímica de oxígeno de aguas residuales y así poder tener una alternativa distinta al tratamiento químico para poder tratar este tipo de aguas.

Materiales y métodos

Recolección de la muestra de *Brassica oleracea* (Brassicaceae)

La muestra de *Brassica oleracea*

(Brassicaceae), se recolectó de los campos de cultivo localizado en la campiña de Moche en bolsas plásticas de primer uso, las cuáles fueron rotuladas con la fecha, hora y el número de muestra, y transportadas al laboratorio en una caja de tecnopor con hielo a 4°C aproximadamente para posteriormente procesarlas en el laboratorio de microbiología industrial.

Recolección de la muestra de agua de los pantanos de Huanchaco

La muestra de agua, se recolectaron de los pantanos de Huanchaco en frascos de vidrio estériles de tapa rosca, las cuáles fueron rotuladas con la fecha, hora y el número de muestra, y transportadas al laboratorio en una caja de tecnopor con hielo a 4°C aproximadamente para posteriormente procesarlas en el laboratorio de microbiología industrial.

Enriquecimiento de microorganismos de la muestra de *Brassica oleracea*

Para enriquecer las bacterias, se hicieron 10 cortes de la hoja de repollo de un peso aproximado de 2 gramos con un bisturí estéril, se echaron en un matraz conteniendo 200 ml de agua peptonada estéril y se incubó a 37°C por 24 horas a pH 7 (Cruickshank,1968).

Aislamiento de microorganismos de *Brassica oleracea*

Se emplearon diferentes medios de aislamiento de acuerdo al tipo de metabolismo, y estas fueron el medio Man, Rogosa y Sharpe (MRS) para bacterias ácido lácticas (Castellanos,1996), Agar Sabouraud más antibiótico para el aislamiento de levaduras. Se tomó una alícuota del caldo peptonado, se sembró por el método del estriado en placa en cada uno de los medios antes mencionado y se incubaron a 37°C por 24 horas a pH 7, en el caso de las bacterias ácido lácticas se incubaron en condiciones de capnofilia. Para purificar las cepas se tomó una sola colonia de cada tipo y se sembró nuevamente hasta determinar microscópicamente la pureza del cultivo, luego se conservó en agar inclinado con el medio específico para cada microorganismo.

Aislamiento de bacterias de los pantanos de Huanchaco

Se empleó el medio líquido específico para el cultivo de bacterias rojas no sulfurosas. Se tomó 10 ml del agua, se le añadió en 100 ml del medio líquido y se incubó a 25°C con luz artificial (100 W) a pH 7 por 15 días. Para obtener colonias puras de bacterias rojas no sulfurosas, se tomó una alícuota del medio líquido y se sembró por el método del estriado en placa conteniendo el medio antes mencionado solidificado con agar y se incubó a 25°C con luz artificial (100W) a pH 7 por 2 días para su crecimiento, luego se tomó una colonia y se sembró nuevamente hasta determinar microscópicamente la pureza del cultivo, luego se conservó en agar inclinado con el medio específico.

Identificación

Identificación morfológica.

Se identificó el tamaño, color y morfología macro y microscópica de las colonias resultantes del crecimiento en el medio sólido. La micro morfología celular se especificó a través de la prueba de tinción de Gram (Beveridge, 2001).

Identificación bioquímica.

La identificación bioquímica de los microorganismos seleccionados se realizó mediante la evaluación de comportamiento metabólico de acuerdo a los manuales

de Bergey´s de bacteriología sistemática (Bergeys, 2000) y Mac Faddin (MacFaddin, 2003).

Recolección de la melaza

Se colectó la melaza de la empresa azucarera "Casa Grande S. A. A." con pH 6,5 y 42,5 de grados brix. en una botella estéril de tapa rosca de 2 litros. Se transportó al laboratorio de Microbiología Industrial en una caja de tecnopor con hielo (Ariza, B. y Gonzales, 1997).

Estandarización del inóculo

Se hicieron concentraciones de 3×10^8, 9×10^8 y $1{,}8 \times 10^9$ UFC de Levaduras, bacterias rojas no sulfurosas y bacterias ácido lácticas en agua destilada estéril, además se realizó el recuento en placa en cada medio específico para cada microorganismo con el método de siembra en superficie (Lennette, 1985). La proporción en la cual se realizaron las concentraciones fue 1:1. (Kyan *et al*., 1999).

Preparación del inóculo

Una vez obtenidas las diferentes concentraciones del inóculo, se mezcló 10 ml de cada concentración con 10 ml de melaza estéril y con 180 ml de agua destilada estéril, quedando aproximadamente en 5,2 °Brix. Posteriormente se colocó en un envase de plástico, limpio, con tapa que permita su cierre hermético (sin aire) y se dejó fermentar la mezcla entre 5 y 7 días bajo sombra. Luego se inoculó el 10% del consorcio activado a la muestra de agua residual (Szymansky & Patterson, 2003).

Recolección de la muestra de agua residual

Se recolectó adecuadamente la muestra de agua residual en frascos de vidrio tapa roscas estériles. En cada punto se tomaron muestras de la parte superficial. Así mismo, se tuvo en cuenta las condiciones climáticas al momento de recolección para ser luego transportadas al laboratorio (Arizona Water Resources Research Center, 1995).

Determinación de la eficacia en el tratamiento

Se determinó utilizando el método de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) propuesto por Winkler.

Análisis estadístico

Según el software estadístico "Infostat", al utilizar el método estadístico de análisis de varianza (ANOVA), sí existe diferencia significativa entre los tratamientos. Posteriormente al aplicar el método de Tukey, se determinó que los 3 tratamientos empleados son diferentes (Balzarini *et al*., 2010).

Resultados

El desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo con tres concentraciones 3×10^8, 9×10^8 y $1{,}8 \times 10^9$ UFC/ml del inóculo de un consorcio de microorganismos en un sustrato de melaza, en 3 días diferentes, día 1, día 5 y día 10. Además, se analizó una muestra control en los días antes mencionados sin la utilización del inóculo.

El tratamiento 1 corresponde a 3×10^8 UFC/ml, el tratamiento 2 corresponde a 9×10^8 UFC/ml y el tratamiento 3 corresponde a $1{,}8 \times 10^9$ UFC/ml.

La primera fase (control) corresponde a los ensayos que se realizaron para la determinación de DBO_5 en la muestra inicial de agua residual sin tratamiento. La segunda, tercera y cuarta fase corresponde a los ensayos con los tratamientos correspondientes a las concentraciones 3×10^8, 9×10^8 y $1{,}8 \times 10^9$ UFC/ml.

En las los gráficos 1, 2 y 3 se presentan

las variaciones de las concentraciones de DBO_5 expresado en mgO_2/L de las 4 etapas (control, día 1, día 5 y día 10) correspondiente a los tres ensayos ejecutados.

En el gráfico 4, se presentan los resultados correspondientes al promedio de los tres ensayos de las 3 etapas con los 3 tratamientos establecidas y el control.

Se puede observar que una mayor disminución del DBO_5 fue obtenido con el tratamiento Nº3 con el inóculo correspondiente al nefelómetro de McFarland Nº 6 (1,8 x 10^9 UFC/mL) al día 10.

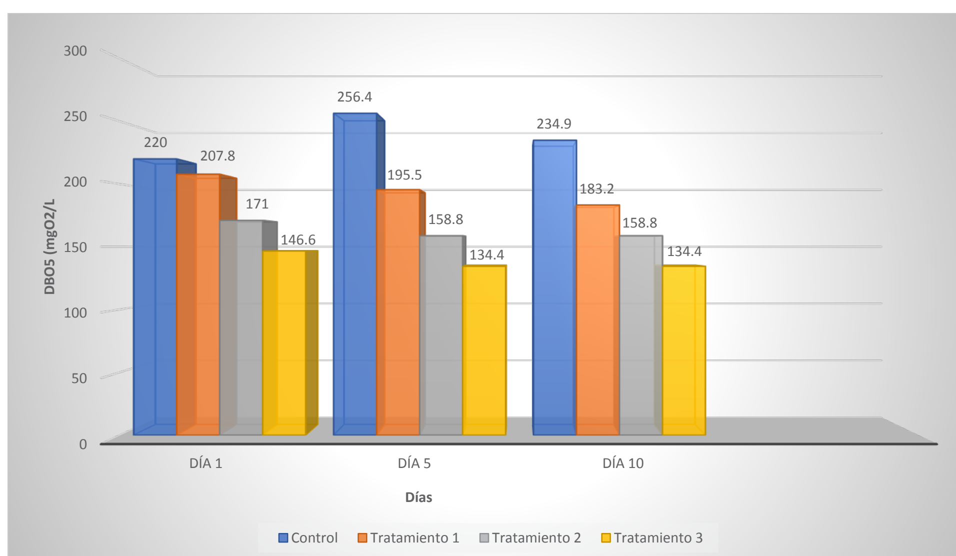


Fig. 1. Concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en los diferentes tratamientos (3 x 10^8 UFC/ml, 9 x 10^8 UFC/ml y 1,8 x 10^8 UFC/ml) del consorcio de microorganismos (*Schizosaccharomyces pombe*, *Lactobacillus* sp. y bacterias rojas no sulfurosas) en el primer ensayo.

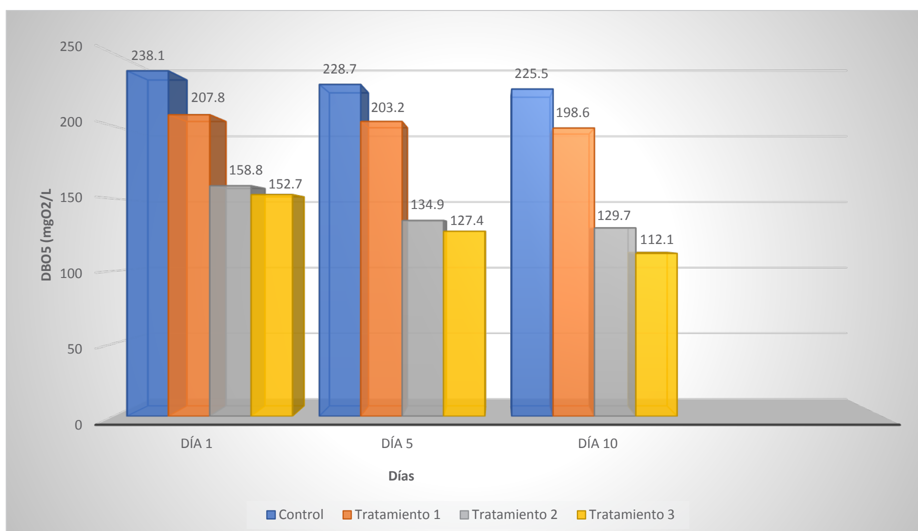


Fig. 2. Concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en los diferentes tratamientos (3 x 10^8 UFC/ml, 9 x 10^8 UFC/ml y 1,8 x 10^8 UFC/ml) del consorcio de microorganismos (*Schizosaccharomyces pombe*, *Lactobacillus* sp. y bacterias rojas no sulfurosas) en el segundo ensayo.

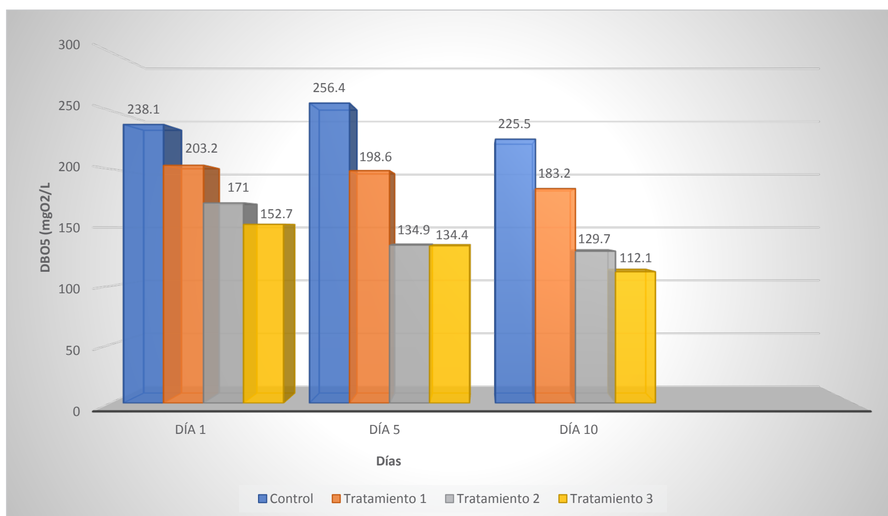


Fig. 3. Concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en los diferentes tratamientos (3 x 10^8 UFC/ml, 9 x 10^8 UFC/ml y 1,8 x 10^8 UFC/ml) del consorcio de microorganismos (*Schizosaccharomyces pombe*, *Lactobacillus* sp. y bacterias rojas no sulfurosas) en el tercer ensayo.

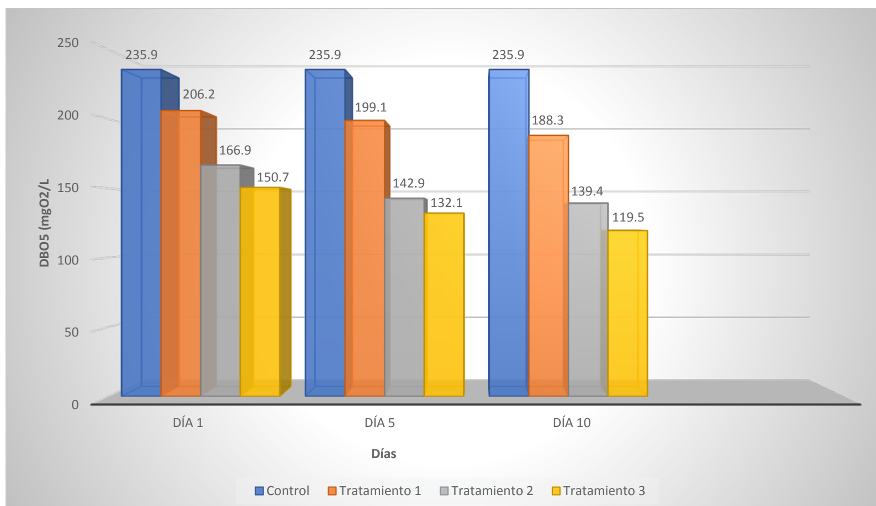


Fig. 4. Promedio de las diferentes concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en los diferentes tratamientos (3 x 10^8 UFC/ml, 9 x 10^8 UFC/ml y 1,8 x 10^9 UFC/ml) del consorcio de microorganismos (*Schizosaccharomyces pombe*, *Lactobacillus* sp. y bacterias rojas no sulfurosas)

Discusión

En el Perú se promulgó en el año 2010 el Decreto Supremo Nº 003-2010-MINAM aprobando los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR); siendo 200 mgO2/L el límite máximo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) de estos efluentes. Sin embargo, en el desarrollo de la presente investigación se trabajaron con muestras de aguas residuales que excedían los 200 mg O2/L en DBO5; teniendo una realidad flagrante de la gran contaminación que se produce a partir de estos efluentes líquidos, siendo éstos difíciles de tratar (Brack, 2010).

En Trujillo el 90% del agua residual recibe tratamiento mediante lagunas de estabilización y cuenta con cuatro plantas de tratamiento, de las cuales Covicorti trata el 61% del agua producida, El Cortijo el 18%, Valdivia el 7% y Pit el 4%. Las lagunas de Covicorti se encuentran situadas al NE de Trujillo y fueron diseñadas para recibir una descargar promedio de 0,432 m3/seg, además esta planta se encarga de tratar el agua de los sectores del centro cívico de Trujillo, Granados, Jardines, Miraflores, El Molino, La Intendencia, Las Quintanas, Primavera, Sta. Inés, Sta. Isabel, Las Capullanas, El Alambre, San Andrés, Vista Hermosa, San Salvador, El Bosque, La Rinconada, Urb. Libertad (Sector A), además, El Porvenir (Sector B), Buenos Aires, Los Sauces (Sector C) y finalmente los del sector D, San Andrés, La Merced, Túpac Amaru, California, Sauces, San Vicente, Covicorti, Vista Alegre y San Pedro (MPT, 2002).

Debido a la contaminación que causan los efluentes domésticos e industriales en la provincia de Trujillo, se optó por introducir sistemas de plantas de tratamientos de

aguas residuales, sin embargo, este sistema presenta algunas limitaciones dentro de éstos, los altos costos de operación y los residuos tóxicos que éstos generan. Por otro lado, hay una gran variedad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales (AR), entre los que se encuentran la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME), y su importancia resulta de que ellos no generan subproductos contaminantes, son de bajo costo y, además, son eficientes (López, 1981).

Cerón (2005), indica que en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrollo un proceso de purificación con microorganismos eficaces, preciso que esta tecnología tiene varias ventajas con respecto a otras en su tipo, entre las que destaca el que en su operación es muy económica, ya que no requiere de energía eléctrica, al no emplear aireadores (Instrumentos para suministrar oxigeno). Las industrias importantes del sector de alimentos, como la cervecera Cuauhtémoc-Moctezuma y el grupo Bimbo, han solicitado este tipo de tecnologías para tratar sus aguas residuales.

Por otro lado, Kabongo (2002), indica que la tecnología EM, puede ser útil para el manejo de lodos sépticos, ya que los microorganismos que esta contiene, facilitan la fermentación de materiales orgánicos en forma líquida y sólida. Además, el EM, tiene efectos antagonistas ante patógenos como *Salmonella typhimurium, Salmonella gallinarum y Salmonella enteritidis*. Estos patógenos amenazan la salud y generalmente están presentes en los lodos sépticos

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos de aguas residuales con el consorcio de microorganismos, se obtuvieron una considerable disminución de mgO_2/L de DBO_5 en los tres ensayos que se hicieron. El tratamiento más eficaz en la disminución de DBO5 fue el número 3 correspondiente al nefelómetro de McFarland Nº6 (1,8 x 10^9 UFC/ml), ya que en los 3 ensayos representa la máxima disminución de este parámetro en comparación de los demás tratamientos, según el método estadístico de análisis de varianza (ANOVA).

Cabe resaltar que las muestras de aguas residuales obtenidas de la planta de tratamiento de Covicorti, corresponde al nivel denominado "crudo", en este nivel el agua no pasa por ningún tratamiento, en otras palabras, en este nivel existe el máximo nivel de contaminación (DBO_5) de toda la planta.

Teniendo en cuenta estos resultados favorables, plasmados en la disminución de DBO_5 en aguas residuales aplicando un consorcio de microorganismos eficaces; en la presente investigación, podemos destacar algunos estudios prometedores al aplicar consorcios de microorganismos para tratar aguas residuales en diferentes partes del mundo.

Ngurah (2005), menciona que en su investigación con microorganismos eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales en la fábrica de caramelos Trebor, en Yakarta, Indonesia de la empresa Nestlé. Se aplicó cada 10 días durante el mes de septiembre y octubre y fue posible eliminar 94% de las bacterias indicadoras de contaminación.

EM Research Organización Inc (1997), indica que se realizó un estudio en China en la Mingyang Nacional Starch Factory, implemento la tecnología de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de aguas residuales en

lagunas anaeróbicas de una capacidad de 10,000 m3/día se eliminó bacterias contaminantes a los 3 meses y a los 6 meses los valores estaban por debajo de los límites permisibles.

Chantsavang (1998), manifiesta que en la Universidad Kasetsar, en su investigación: Tratamiento in situ de aguas residuales de la planta de productos lácteos con microorganismos eficaces (EM). La planta produce 17 toneladas/día de leche y genera un promedio de 65 m3 de aguas residuales con muy altos niveles de coliformes. Se mezcló microorganismos eficaces y agua en proporción de 1:20 que se rocía sobre la superficie del primer tanque dos veces al día. Dentro de unas semanas, hubo una reducción significativa del olor y de la formación de una corteza en la superficie. En los resultados de análisis redujo a 91% del total de coliformes.

Quang (2001), afirma que en la escuela de Agrícola Honoi en Vietnam en su investigación titulado "Ensayo y aplicación de tecnología de los microorganismos eficaces (EM) en la agricultura y el medio ambiente" el estudio se llevó a cabo con 18 experimentos, después de un día del tratamiento, casi todo el olor desagradable desapareció, en el tratamiento de aguas residuales vertidas desde hospitales y mataderos se redujo el olor, los índices de coliformes y otros microorganismos patógenos.

Considerando todas las investigaciones anteriormente mencionadas, podemos decir que la aplicación de un consorcio de microorganismos eficaces en aguas residuales es un tratamiento de bajo costo, efectivo para disminuir los microorganismos patógenos, reducir el olor y lo más importante en el aspecto ecológico, no contamina el ambiente ya que no deja residuos.

Agradecimiento

A los miembros del departamento técnico de la escuela de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Trujillo por su apoyo, tiempo, compromiso y amistad para la realización de este trabajo.

Contribución de los autores

L.C.: aislamiento y mantenimiento de las cepas microbianas, diseño, ejecución, análisis de datos y redacción del manuscrito; A.Q.: redacción del manuscrito; F.L.: redacción del manuscrito. Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Literatura citada

Acara. 2006. Las levaduras algo sobre ellas. Asociación de Cerveceros Artesanales de la República Argentina. Buenos Aires.

Ariza, B. & L. Gonzales. 1997. Producción de proteína unicelular a partir de levaduras y melaza de caña de azúcar como sustrato. Tesis de pregrado bacteriología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de bacteriología. Bogotá. Colombia. 22-27p.

Arizona Water Resources Research Center. 1995. Manual de campo para el muestreo de la calidad de agua. Arizona Department of Environmental Quality and Water Resource Research Center. Universidad de Arizona, Tucson, Arizona.

Balzarini, M, *et al*. 2010. Infostat. Software estadìstico. Universidad Nacional de Córdoba.

Bergeys, D. 2000. Manual of the Determinative Bacteriology. Eight Edition. Philadelfia; 2: 540- 589.

Beveridge, T. J. 2001. Use of the Gram stain in microbiology. Biotechnic & Histochemistry. 76: 111-118.

Brack, A. J. 2010. Límites máximos permisibles

para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. El Peruano. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf

Castellanos, M. I.; A. Chauvet; A. Deschamps & C. Barreau. 1996. *Methods for specification and specific detection of probiotic acid lactic bacteria*. Current Microbiology.33:100-103.

Castellanos, Y. A. 2002. Tres bacterias para el nuevo siglo. UN periódico – Bogotá Cundinamarca. Recuperado de. http://biodiversityreporting.org/article.sub?docId=13400&c=Colombia&cRef=Colombia&year=2005&date=Marc h%202004, en enero de 2018.

Cardona, J. & L. García. 2008. Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (em) sobre la calidad de un agua residual doméstica. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Cerón, R. 2005. Purificación de Aguas Residuales con Microorganismos. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Chantsavang, S. 1988. In situ and laboratory scale dayre plant waste wáter treatmet by using microorganism. Department of animal science, Kesetsart University, Bangkok, Thailand.

Cruickshank, R. 1968. Medical Microbiology, 11th ed, London: Livings-tone LTD, p.268.

Desimoni, M. C. 1998. La problemática de los residuos sólidos urbanos. Maestría en Gestión Ambiental. Resistencia, Chaco.

Early, R. 1998. Tecnología de los productos lácteos. Cuarta edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 459 pag.

EM Research Organización Inc. 1997. Waste Waster Treatment of Mingyang National Starch Factory in P.R. Pekin, China.

Kabongo, P. 2002. Testing of viability of know pathogens in effective microorganisms (EM). Report EMROSA project. Onderstepoort Veterinary Institute, South Africa. 2 p.

Kyan, T. *et al.* 1999. Kyusei Nature Farming and the Technology of Effective Microorganisms. Guidelines for Practical Use. INFRC, Atami, Japan and APNAN, Bangkok, Thailand. 44 p.

Kyum, M.; K. Choi; C. Yin; K. Lee; I. Wan-Taek; J. Lim & S. Lee. 2004. Tratamiento de aguas residuales domesticas olorosas porcina por bacterias purpuras no azufre, Rhodopseudomonas palustris, aislado de estanques eutroficadas. Cartas Biotecnologia. 26: 819-822.

Lennette, E. H.; A. Balows; W. J. Hausler & H. J. Shadomy. 1985. Manual of Clinical Microbiology. American Society for Microbiology, Washington, D.C.

López, M. V. 1981. Tratamiento biológico de aguas residuales en prospectiva de la biotecnología en México. Editorial CONACYT, México. pp. 259-284.

MacFaddin. 2003. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Editorial Panamericana. Tercera edición.

Metcalf & Eddy. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.

MPT. 2002. Atlas Ambiental de la Ciudad de Trujillo. Municipal Distrital de Trujillo. Edit. Talleres gráficos de Quebecor World Perú S.A. p 80-81.

Ngurah, G. 2005. Experimento preliminar de EM. Tecnología en tratamiento de aguas residuales. Indonesia Kyusei Naturaleza Sociedad Agropecuaria., Saraburi, Thaily. 1-6.

Pellizari, P. B. 1995 "Análisis del manejo de los residuos domiciliarios de la ciudad de Resistencia". Resistencia.

Peter, F. M. 2006. Microorganismos Efectivos. Editorial, RBA Libros, S.A., Barcelona.

Quang, L. 2001. Tecnología de aplicación EM en Vietnam y algunos resultados en tratamiento medio ambiental en procedimientos de la 6ta Conferencia Internacional Kysei Agricultura natural, South África. Vina – Nichi. Centro de Tecnología Medioambiental Vietnam.

Rodríguez, M. 2009. Microorganismos eficientes (EM). (en línea). Recuperado de http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo %20em%20_manuel%20r.pdf, en enero de 2018.

Romero, L. T.; G. Y. Martínez; M. A. Masó & M. D. Vargas. 2016. Aplicación de microorganismos eficientes en aguas residuales. 1- Microorganismos eficientes en la depuración de las aguas (Parte I). 2- Aplicación de modelos de dispersión de contaminantes (Parte 2). Informe Contrato de Prestación de Servicio Científico Técnico. La Habana. 22 pp.

Schroder, R. 1999. Impacto ambiental y económico producido por envases descartables de bebidas. Cap. 2. Tesis de Post-Grado. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Resistencia. pp. 15-65

Solís, L. Z. 1996. Marginalidad, Salud y medio

ambiente. Maestría en Gestión Ambiental y Ecología. Facultad de Arquitectura y urbanismo. Resistencia pp.

Velázquez, G. & M. García. 1999. Medición de calidad de vida urbana. Comparaciones entre variables objetivas y de percepción en la ciudad de Tandil, Buenos Aires. En V Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.